

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-308230

(43)公開日 平成10年(1998)11月17日

(51)Int.Cl.\*

識別記号

F I

H 0 1 M 8/04

H 0 1 M 8/04

J

C 0 1 B 3/38

C 0 1 B 3/38

H 0 1 M 8/06

H 0 1 M 8/06

G

B

8/10

8/10

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 12 頁)

(21)出願番号

特願平9-114773

(22)出願日

平成9年(1997)5月2日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 武 哲夫

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

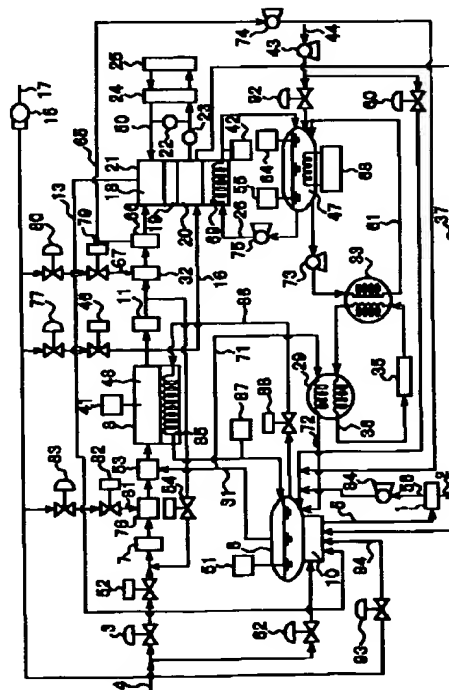
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外2名)

(54)【発明の名称】 燃料電池発電装置

(57)【要約】

【課題】本発明の課題は、短時間起動が可能で、且つ熱利用を含めた総合効率を向上し得る燃料電池発電装置を提供することにある。

【解決手段】本発明は、燃料から水素を作るための改質装置、電解質をサンドイッチした燃料極と酸化剤極からなるセルを積層したセルスタック、燃料供給装置、空気供給装置、及び水回収装置を有する燃料電池発電装置において、前記改質装置に前記燃料の部分酸化反応に対して触媒活性を有する触媒を充填することを特徴とするものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 燃料から水素を作るための改質装置、電解質をサンドイッチした燃料極と酸化剤極からなるセルを積層したセルスタック、燃料供給装置、空気供給装置、及び水回収装置を有する燃料電池発電装置において、前記改質装置に前記燃料の部分酸化反応に対して触媒活性を有する触媒を充填することを特徴とする燃料電池発電装置。

【請求項2】 請求項1記載の燃料電池発電装置において、改質装置に触媒活性を有しない安定な熱伝導材を充填することを特徴とする燃料電池発電装置。

【請求項3】 請求項1又は2記載の燃料電池発電装置において、改質装置に燃料の水蒸気改質反応に対して触媒活性を有する触媒を充填することを特徴とする燃料電池発電装置。

【請求項4】 請求項1、2又は3記載の燃料電池発電装置において、改質装置に冷却部を有することを特徴とする燃料電池発電装置。

【請求項5】 請求項4記載の燃料電池発電装置において、改質装置の冷却部にボイラーから改質装置冷却水を供給循環させる改質装置冷却水配管を有することを特徴とする燃料電池発電装置。

【請求項6】 請求項4記載の燃料電池発電装置において、気水分離器と、改質装置の冷却部に前記気水分離器から改質装置冷却水を供給循環させる改質装置冷却水配管を有することを特徴とする燃料電池発電装置。

【請求項7】 請求項1、2、3、4、5又は6記載の燃料電池発電装置において、セルスタックからの燃料極排ガスをボイラーバーナで燃焼させて水蒸気を発生させるためのボイラーと、水回収装置の凝縮器から前記ボイラーに凝縮水を供給するための凝縮水供給配管と、前記ボイラーで発生させた前記水蒸気を改質装置に供給するための改質用水蒸気供給配管と、前記燃料極排ガスを前記ボイラーバーナに供給するための燃料極排ガス供給配管と、空気を空気供給設備から前記ボイラーバーナに供給するための空気供給配管と、空気を前記空気供給設備から前記改質装置に供給するための空気供給配管とを具備することを特徴とする燃料電池発電装置。

【請求項8】 請求項1、2、3、4、5又は6記載の燃料電池発電装置において、排熱回収装置と、

セルスタックからの燃料極排ガスをボイラーバーナで燃焼させて水蒸気を発生させるためのボイラーと、水回収装置の凝縮器から凝縮水を前記ボイラーに供給するための凝縮水供給配管と、前記ボイラーで発生させた前記水蒸気を改質装置に供給するための改質用水蒸気供給配管と、前記ボイラーで発生させた前記水蒸気を前記排熱回収装置に供給するための排熱回収用水蒸気供給配管と、前記燃料極排ガスを前記ボイラーバーナに供給するための燃料極排ガス供給配管と、空気を空気供給設備から前記ボイラーバーナに供給するための空気供給配管と、空気を前記空気供給設備から前記改質装置に供給するための空気供給配管とを具備することを特徴とする燃料電池発電装置。

【請求項9】 請求項1、2、3、4、5又は6記載の燃料電池発電装置において、セルスタックからの燃料極排ガスをボイラーバーナで燃焼させて水蒸気を発生させるボイラーと、前記ボイラーで発生させた前記水蒸気を改質装置に供給するための改質用水蒸気供給配管と、前記燃料極排ガスを前記ボイラーバーナに供給するための燃料極排ガス供給配管と、酸化剤極排ガスを前記ボイラーバーナに供給するための酸化剤極排ガス供給配管と、空気を空気供給設備から前記改質装置に供給するための空気供給配管とを具備することを特徴とする燃料電池発電装置。

【請求項10】 請求項1、2、3、4、5又は6記載の燃料電池発電装置において、排熱回収装置と、セルスタックからの燃料極排ガスをボイラーバーナで燃焼させて水蒸気を発生させるボイラーと、水回収装置の凝縮器から前記ボイラーに凝縮水を供給するための凝縮水供給配管と、前記ボイラーで発生させた前記水蒸気を改質装置に供給するための改質用水蒸気供給配管と、前記ボイラーで発生させた前記水蒸気を前記排熱回収装置に供給するための排熱回収用水蒸気供給配管と、前記燃料極排ガスを前記ボイラーバーナに供給するための燃料極排ガス供給配管と、酸化剤極排ガスを前記ボイラーバーナに供給するための酸化剤極排ガス供給配管と、空気を空気供給設備から前記改質装置に供給するための空気供給配管とを具備することを特徴とする燃料電池発電装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、水蒸気、燃料、及び空気を改質装置に供給し、外部から改質装置に熱供給

を行うことなしに、反応による自己発熱により改質装置を昇温し、燃料電池の電池反応に必要な水素をつくるとともに、改質装置の冷却過程で排熱回収用水蒸気を発生させることができる、高効率で短時間起動が可能な燃料電池発電装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図3に燃料電池発電装置の従来例として、都市ガスを燃料とした固体高分子電解質型燃料電池発電装置の構成を示す。本装置の主な構成要素は、脱硫装置7、エジェクタ53、改質装置8、シフトコンバータ11、選択酸化器32、燃料電池セルスタック21、変換装置24、凝縮器1、38、66、ポンプ43、73、74、75、84、ボイラー6、電池冷却水タンク47、空気ブローア15、蒸発器33、排熱利用システム35、センサ22、23、41、42、51、55、64、流量制御弁45、46、52、63、79、遮断弁3、57、60、62、77、78、80、90、92、93、及び配管類である。以下に図3を用いて、この従来の燃料電池発電装置の作用について説明する。

【0003】遮断弁3を開け、都市ガス4を脱硫触媒（コバルト-モリブデン系触媒と酸化亜鉛吸着剤）が充填された脱硫装置7に供給し、脱硫装置7で改質装置8及び燃料電池セルスタック21の燃料極18の触媒の劣化原因となる都市ガス4中の腐臭剤に含まれる硫黄分を吸着除去する。遮断弁57は、燃料電池発電装置の起動時のみ開き、起動用バーナ59に都市ガス4が供給される。また、遮断弁78も、燃料電池発電装置の起動時のみ開き、起動用バーナ59に空気ブローア15により改質装置起動用バーナ空気89が供給される。起動用バーナ59では、燃料電池発電装置の起動時に、都市ガス4が燃焼し、改質装置8の昇温が行われる。起動時以外は、遮断弁57と遮断弁78は閉じておく。都市ガス供給量は、電圧センサ22と電流センサ23で検出した燃料電池出力50と温度センサ41で検出した改質装置温度から予め設定された燃料電池出力50及び改質装置温度と流量制御弁52の開度（すなわち、都市ガス供給量）の関係に基づいて、流量制御弁52の開度を調節することによって、都市ガス供給量を燃料電池出力50と改質装置温度に見合った値に設定する。脱硫装置7で硫黄分が吸着除去された都市ガス4は、エジェクタ53でボイラー6から供給された改質用水蒸気31と混合され、改質触媒（通常はニッケル系触媒）が充填された改質装置8の改質部48に供給される。遮断弁62を開け、ボイラーバーナ10に流量制御弁63を介して都市ガス4を供給するとともに、酸化剤極排ガス37もボイラーバーナ10に供給し、ボイラーバーナ10で都市ガス4と酸化剤極排ガス37中の酸素を燃焼させることにより得られる燃焼熱を利用して、ボイラー6で改質用水蒸気31を発生させる。なお、酸化剤極排ガス37の代わりに、空気ブローアを用いて空気をボイラーバーナ10に供給して

もよい。ボイラーバーナ10への都市ガス供給量は、予め設定された流量制御弁52の開度（すなわち、改質装置8への都市ガス供給量）と流量制御弁63の開度（すなわち、ボイラーバーナ10への都市ガス供給量）の関係に基づいて、流量制御弁63の開度を調節することによってボイラー6で改質用水蒸気31の必要量が生成できるように制御する。液面センサ51でボイラー6の水位が設定された所定の水位よりも低下したことを検出した場合には、液面センサ51でボイラー6の水位が予め設定された所定の水位になったことを検出するまで、遮断弁60を開け補給水ポンプ43を動作させてボイラー6に補給水44を供給する。ボイラーバーナ排ガス5は、凝縮器1で凝縮水56を除去した後に排ガス2として大気中に放出される。凝縮水56はポンプ84によりボイラー6に戻される。燃料電池発電装置の起動時には、遮断弁93を開け酸化剤極排ガス37の代わり、ボイラー起動用ボイラーバーナ空気94をボイラーバーナ10に供給し都市ガス4を燃焼させることによって改質用水蒸気31をボイラー6で発生させる。

【0004】エジェクタ53への改質用水蒸気供給量は、予め設定記憶された流量制御弁52の開度（すなわち、改質装置8への都市ガス供給量）とエジェクタ53の開度（すなわち、改質用水蒸気供給量）の関係に基づいて、エジェクタ53の開度を調節することによって、予め設定された所定のスチームカーボン比となるように制御する。改質装置8では、燃焼ガスである都市ガス4の水蒸気改質が行われ、水素リッチな改質ガスが作られる。都市ガスの主成分であるメタンの水蒸気改質反応は次式で表される。

【0005】

【数1】

（メタンの水蒸気改質反応）

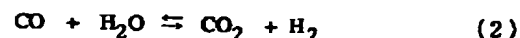


この水素リッチな改質ガスには、燃料電池セルスタック21の燃料極18の触媒の劣化原因となる一酸化炭素が含まれているので、改質ガスはシフト触媒（銅-亜鉛系触媒）が充填されたシフトコンバータ11に送られ、次式に示すシフト反応により改質ガス中の一酸化炭素が一酸化炭素に変換される。

【0006】

【数2】

（シフト反応）



シフトコンバータ11により、改質ガス中の一酸化炭素濃度は1%以下まで低減される。固体高分子電解質型燃料電池は、低温動作のため、リン酸型燃料電池に比べて一酸化炭素の被毒に弱い。そこで、シフトコンバータ11で一酸化炭素濃度が下げられた水素リッチな改質ガス

は、さらに一酸化炭素選択酸化触媒（白金-ルテニウム系触媒）が充填された選択酸化器32に送られ、改質ガス中の一酸化炭素が（3）式に示す反応により空気中の酸素と反応し二酸化炭素に変換される。

【0007】

（一酸化炭素の選択酸化反応）



選択酸化器32により改質ガス中の一酸化炭素濃度は数ppm程度まで低減される。一酸化炭素選択酸化用空気67は、遮断弁80を開けて、空気ブロー15により選択酸化器32に供給する。選択酸化器32への空気供給量は、予め設定された流量制御弁52の開度（すなわち、都市ガス供給量）と流量制御弁79の開度（すなわち、空気供給量）の関係に基づき、流量制御弁79の開度を調節することによって、予め設定された所定の供給量になるように制御する。選択酸化器32を出た改質ガスは、凝縮器66で未反応水蒸気を凝縮水65として除去した後（固体高分子電解質型燃料電池の作動温度が80℃と低い）、燃料電池セルスタック21の燃料極18に供給され、燃料電池の発電に利用される。また、シフトコンバータ11の出口ガスの一部は脱硫装置7にリサイクルされ、リサイクルガス中の水素が脱硫反応に使用される。リサイクルガスの供給量は、予め設定された流量制御弁52の開度（すなわち、改質装置8への都市ガス供給量）と流量制御弁54の開度（すなわち、リサイクルガス供給量）の関係に基づき、流量制御弁54の開度を調節することによって、予め設定された所定の供給量になるように制御する。

【0008】一方、燃料電池セルスタック21の酸化剤極20には、遮断弁77を開け空気ブロー15を用いて取り込んだ外気17を発電用空気16として供給する。発電用空気16の供給量は、電圧センサ22と電流センサ23で検出した燃料電池出力50から予め設定された燃料電池出力50と流量制御弁46の開度（すなわち、発電用空気供給量）の関係に基づいて、流量制御弁46の開度を調節し、燃料電池出力50に見合った値に制御する。燃料電池セルスタック21の燃料極18では、（4）式に示す反応により、改質ガス中の水素が水素イオンと電子に変わる。

【0009】

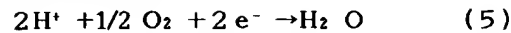
（燃料極反応）



水素イオンは電解質19の内部を拡散し、酸化剤極20に到達する。一方、電子は外部回路を流れ、燃料電池出力50として取り出される。酸化剤極20では、（5）式に示す反応により、燃料極18から電解質19の中を拡散してきた水素イオン、燃料極18から外部回路を通じて移動してきた電子、及び空気中の酸素が三相界面で反応し、水が生成する。

【0010】

（酸化剤極反応）



（4）式と（5）式をまとめると、燃料電池セルスタック21での全電池反応は、（6）式に示す水素と酸素から水ができる単純な反応として表すことができる。

【0011】

（電池反応）



発電によって得られた燃料電池出力50は、変換装置24で電圧変換あるいは直流-交流変換が行われた後に、負荷25に供給される。燃料極18では、改質ガス中の水素が全て（4）式に示した電極反応で消費されるわけではなく、全体の80%程度の水素が使われるだけである。残りの約20%の水素が、未反応水素として燃料極排ガス13中に残存する。これは、燃料極18で改質ガス中の水素を全て電極反応で消費しようとする、ガス出口付近で局所的に水素が不足し、水素の代わりに燃料極基板のカーボンが反応し燃料電池セルスタック21が劣化するためである。未反応水素を含む燃料極排ガス13は、改質装置バーナ9に供給され、バーナ燃料として使用される。（1）式に示したメタンの水蒸気改質反応は吸熱反応であるので、外部から反応熱に見合う熱を改質装置8の改質部48に与える必要がある。このため、改質装置バーナ9で燃料極排ガス13中の水素を遮断弁90を開けて空気ブロー15により供給した燃焼用空気12とともに燃焼させることにより、改質装置8の改質部48の温度を最大700℃程度まで昇温する。燃焼用空気12の供給量は、温度センサ41で検出した改質装置温度から予め設定された改質装置温度と流量制御弁45の開度（すなわち、燃焼用空気供給量）の関係に基づいて、流量制御弁45の開度を調節することによって制御する。

【0012】燃料極排ガス13中の未反応水素の燃焼反応により生成した水蒸気を含む改質装置バーナ燃焼排ガス14は凝縮器38に送られ、水蒸気が凝縮水40として除去された後に、排ガス39として大気中に放出される。凝縮水40と凝縮水65はポンプ74によりボイラー6に戻される。

【0013】（6）式に示した電池反応は発熱反応であるので、燃料電池セルスタック21の温度は、発電時間の経過とともに上昇する。燃料電池セルスタック21の温度上昇が起こると、電解質19の水素イオン伝導率が上がるために抵抗が減少し出力特性が一時的に向上するが、劣化が起こり易くなり寿命低下が生じる。また、固体高分子電解質型燃料電池では、発電中に固体高分子電解質膜中の水分が逃出するので、加湿しないと電池性能が低下する。そこで、電池冷却水タンク47から電池冷却水26を電池冷却水循環ポンプ75によりセルスタック21の加湿冷却器69に供給し、燃料電池セルスタック21の冷却と固体高分子電解質膜の加湿を行う。燃料

電池セルスタック21の動作温度は、寿命と性能の両方を勘案して80℃前後に設定されるのが一般的である。電池冷却水26の供給量は、温度センサ42で検出した燃料電池セルスタック21の出口温度が予め設定された所定の温度範囲となるように、電池冷却水循環ポンプ75の回転数を調節することによって制御する。燃料電池セルスタック21を出た電池冷却水26は、60℃の温水の形で電池冷却水タンク47に戻される。液面センサ55で電池冷却水タンク47の水位が予め設定された所定の水位より低下したことを検出した場合には、液面センサ55で電池冷却水タンク47の水位が予め設定された所定の水位になったことを検出するまで、遮断弁92を開け補給水ポンプ43を動作させて電池冷却水タンク47に補給水44を供給する。また、起動時及び温度センサ64で電池冷却水温度が予め設定された所定の温度より低下したことを検出した場合には、予め設定された所定の電力を温度センサ64で電池冷却水温度が予め設定された所定の温度を超えたことを検出するまで電池冷却水タンクヒータ68に供給し、電池冷却水26を昇温する。電池冷却水タンク47の温水の一部は、排熱回収用温水61として排熱回収用温水循環ポンプ73により蒸発器33に供給され、排熱利用システム35の冷媒36の蒸発に使われる。

【0014】この従来の固体高分子電解質型燃料電池発電装置では、起動時に改質装置を燃料電池による発電が可能な700℃まで昇温するのに長時間（4時間程度）を要する。燃料電池排熱として60℃の温水しか利用できないので熱利用を含めた総合効率が低いなどの問題点がある。

【0015】また、図4に燃料電池発電装置の別の従来例として、都市ガスを燃料としたリン酸型燃料電池発電装置の構成を示す。本装置の主な構成要素は、脱硫装置7、エジェクタ53、改質装置8、シフトコンバータ11、燃料電池セルスタック21、変換装置24、凝縮器38、ポンプ43、74、気水分離器27、空気ブロア15、蒸発器33、排熱利用システム35、センサ22、23、41、42、49、55、流量制御弁30、45、46、52、遮断弁3、57、77、78、90、及び配管類である。図中、図3と同一のものは同一符号で表し、これらのものについてはその説明を省略する。以下図4を用いて、このもう一つの従来の燃料電池発電装置の作用について説明する。

【0016】リン酸型燃料電池発電装置は、前述した固体高分子電解質型燃料電池発電装置とは以下の点が異なる。すなわち、動作温度が190℃と高いために、改質ガス中の水蒸気を燃料電池セルスタック直前で凝縮させるための凝縮器は不要である。シフトコンバータ11で一酸化炭素濃度が下げられた水素リッチな改質ガスは、リン酸型燃料電池が固体高分子電解質型燃料電池に比べて高温作動のためCO被毒に強いので、そのまま燃料電

池セルスタック21の燃料極18に供給され燃料電池の発電に利用されるとともに、その一部は脱硫装置7にリサイクルされ、リサイクルガス中の水素が脱硫反応に使用される。

【0017】また、燃料極排ガス13中の未反応水素の燃焼反応により生成した水蒸気と未反応水蒸気を含む改質装置バーナ燃焼排ガス14と（6）式に示した電池反応により生成した水蒸気を含む酸化剤極排ガス37は凝縮器38に送られ、水蒸気が凝縮水40として除去された後に、排ガス39として大気中に放出される。凝縮水40は、気水分離器27に戻され、電池冷却水26、改質用水蒸気31、排熱回収用水蒸気34等に利用される。

【0018】さらに、気水分離器27から電池冷却水26を冷却器70に供給し、燃料電池セルスタック21の冷却を行う。燃料電池セルスタック21の作動温度は、寿命と性能の両方を勘案して190℃前後に設定されるのが一般的である。電池冷却水26の供給量は、温度センサ42で検出した燃料電池セルスタック21の出口温度が予め設定された所定の温度範囲となるように、流量制御弁30の開度を調節することによって制御する。燃料電池セルスタック21を出た電池冷却水26は、水と水蒸気の混合物の形で気水分離器27に戻される。起動時及び圧力センサ49で気水分離器圧力が予め設定された所定の圧力より低下したことを検出した場合には、予め設定された所定の電力を圧力センサ49で気水分離器27の圧力が予め設定された所定の圧力を超えたことを検出するまで気水分離器ヒータ28に供給し、水蒸気を発生させる。また、液面センサ55で気水分離器27の水位が予め設定された所定の水位よりも低下したことを検出した場合には、液面センサ55で気水分離器27の水位が予め設定された所定の水位になったことを検出するまで、補給水ポンプ43を動作させて気水分離器27に補給水44を供給する。燃料電池セルスタック21から気水分離器27に供給された水蒸気あるいは気水分離器27で発生させた水蒸気のうち、改質用水蒸気31として使用する以外の水蒸気は、排熱回収用水蒸気34として蒸発器33に供給し、排熱利用システム35の冷媒36の蒸発に使われる。蒸発器33で凝縮した排熱回収用水蒸気34の凝縮水58は、気水分離器27に戻される。改質用水蒸気31は気水分離器27から送られるので、固体高分子電解質型燃料電池発電装置のように改質用水蒸気31の発生のためにボイラーを設ける必要はない。

【0019】この従来のリン酸型燃料電池発電装置では、前述した固体高分子電解質型燃料電池発電装置と同様、起動時に改質装置を燃料電池による発電が可能な700℃まで昇温するのに長時間（4時間程度）を要する、気水分離器で発生した水蒸気の一部しか排熱回収用水蒸気として利用できないので熱利用を含めた総合効率

が低い等の問題点がある。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、従来の燃料電池発電装置の起動に長時間を要する、排熱利用に必要な排熱回収用水蒸気が発生しないあるいは排熱回収用水蒸気量が少ないので熱利用を含めた総合効率が低いという問題点を解決し、短時間起動が可能で、且つ熱利用を含めた総合効率を向上し得る燃料電池発電装置を提供することにある。

【0021】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明は、燃料から水素を作るための改質装置、電解質をサンドイッチした燃料極と酸化剤極からなるセルを積層したセルスタック、燃料供給装置、空気供給装置、及び水回収装置を有する燃料電池発電装置において、前記改質装置に前記燃料の部分酸化反応に対して触媒活性を有する触媒を充填することを特徴とするものである。

【0022】また本発明は、上記燃料電池発電装置において、改質装置に触媒活性を有しない安定な熱伝導材を充填することを特徴とするものである。また本発明は、上記燃料電池発電装置において、改質装置に燃料の水蒸気改質反応に対して触媒活性を有する触媒を充填することを特徴とするものである。

【0023】また本発明は、上記燃料電池発電装置において、改質装置に冷却部を有することを特徴とするものである。また本発明は、上記燃料電池発電装置において、改質装置の冷却部にボイラーから改質装置冷却水を供給循環させる改質装置冷却水配管を有することを特徴とするものである。

【0024】また本発明は、上記燃料電池発電装置において、気水分離器と、改質装置の冷却部に前記気水分離器から改質装置冷却水を供給循環させる改質装置冷却水配管を有することを特徴とするものである。

【0025】また本発明は、上記燃料電池発電装置において、セルスタックからの燃料極排ガスをボイラーバーナで燃焼させて水蒸気を発生させるためのボイラーと、水回収装置の凝縮器から前記ボイラーに凝縮水を供給するための凝縮水供給配管と、前記ボイラーで発生させた前記水蒸気を改質装置に供給するための改質用水蒸気供給配管と、前記燃料極排ガスを前記ボイラーバーナに供給するための燃料極排ガス供給配管と、空気を空気供給設備から前記ボイラーバーナに供給するための空気供給配管と、空気を前記空気供給設備から前記改質装置に供給するための空気供給配管とを具備することを特徴とするものである。

【0026】また本発明は、上記燃料電池発電装置において、排熱回収装置と、セルスタックからの燃料極排ガスをボイラーバーナで燃焼させて水蒸気を発生させるためのボイラーと、水回収装置の凝縮器から凝縮水を前記ボイラーに供給するための凝縮水供給配管と、前記ボイ

ラーで発生させた前記水蒸気を改質装置に供給するための改質用水蒸気供給配管と、前記ボイラーで発生させた前記水蒸気を前記排熱回収装置に供給するための排熱回収用水蒸気供給配管と、前記燃料極排ガスを前記ボイラーバーナに供給するための燃料極排ガス供給配管と、空気を空気供給設備から前記ボイラーバーナに供給するための空気供給配管と、空気を前記空気供給設備から前記改質装置に供給するための空気供給配管とを具備することを特徴とするものである。

10 【0027】また本発明は、上記燃料電池発電装置において、セルスタックからの燃料極排ガスをボイラーバーナで燃焼させて水蒸気を発生させるボイラーと、前記ボイラーで発生させた前記水蒸気を改質装置に供給するための改質用水蒸気供給配管と、前記燃料極排ガスを前記ボイラーバーナに供給するための燃料極排ガス供給配管と、酸化剤極排ガスを前記ボイラーバーナに供給するための酸化剤極排ガス供給配管と、空気を空気供給設備から前記改質装置に供給するための空気供給配管とを具備することを特徴とするものである。

20 【0028】また本発明は、上記燃料電池発電装置において、排熱回収装置と、セルスタックからの燃料極排ガスをボイラーバーナで燃焼させて水蒸気を発生させるボイラーと、水回収装置の凝縮器から前記ボイラーに凝縮水を供給するための凝縮水供給配管と、前記ボイラーで発生させた前記水蒸気を改質装置に供給するための改質用水蒸気供給配管と、前記ボイラーで発生させた前記水蒸気を前記排熱回収装置に供給するための排熱回収用水蒸気供給配管と、前記燃料極排ガスを前記ボイラーバーナに供給するための燃料極排ガス供給配管と、酸化剤極排ガスを前記ボイラーバーナに供給するための酸化剤極排ガス供給配管と、空気を空気供給設備から前記改質装置に供給するための空気供給配管とを具備することを特徴とするものである。

30 【0029】本発明は、ボイラーで燃料極排ガスを燃焼させることによって燃料の改質に必要な改質用水蒸気と排熱利用に必要な排熱回収用水蒸気を発生させることと、改質装置で発熱反応である燃料の部分酸化反応により改質装置の昇温と水素生成を同時に行うことを最も主要な特徴とする。従来の技術とは、改質装置に燃料の部分酸化反応に対して触媒活性を有する触媒を充填することによって、改質装置への燃料極排ガスの燃焼による熱供給、すなわち改質装置バーナを不要にしたこと、及び燃料極排ガスを燃焼させることによって水蒸気を発生させるためのボイラーを設けたという点が異なる。

【0030】

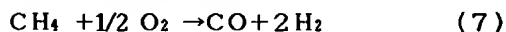
【発明の実施の形態】以下図面を参照して本発明の実施の形態例を詳細に説明する。図1に本発明の第1の実施形態例を表す構成説明図を示す。図中、図3と同一のものは同一符号で表し、これらのものについてはその説明を省略する。図1を用いて本発明の第1の実施形態例を

説明する。本実施形態例は、図3に示した従来例とは、改質装置8の改質部48に都市ガス4の主成分であるメタンの部分酸化反応に対して触媒活性を有する触媒を単独に、あるいはメタンの水蒸気改質反応に触媒活性を有する触媒と触媒活性を有しない熱伝導材のうちいずれか一方または両方を一緒に充填することによって、改質装置8の改質装置バーナ9、燃料極排ガス13の改質装置バーナ9への供給配管、及び燃焼用空気12の改質装置バーナ9への供給配管、改質装置バーナ燃焼排ガス14の凝縮器38への供給配管、凝縮器38、凝縮水40の10 ボイラー6への供給配管、起動用バーナ59、都市ガス4の起動用バーナ59への供給配管、都市ガス4の起動用バーナ59への供給配管上の遮断弁57、改質装置起動用バーナ空気89の起動用バーナ59への供給配管、及び改質装置起動用バーナ空気89の起動用バーナ59への供給配管上の遮断弁78が不要になった点、燃焼極排ガス13のボイラーバーナ10への供給配管、都市ガス4と部分酸化用空気81を混合する混合器76、部分酸化用空気81の混合器76への供給配管、部分酸化用15 空気81の混合器76への供給配管上の遮断弁83と流量制御弁82、改質装置8の冷却部85、ボイラー6からの改質装置8の冷却部85への改質装置冷却水86の循環供給配管、及びボイラー6からの改質装置8の冷却部85への改質装置冷却水86の循環供給配管上の遮断弁88と温度センサ87を新たに設けた点異なる。

【0031】次に本実施形態例の作用について説明する。混合器76で脱硫装置7で硫黄分を除去した都市ガス4と部分酸化用空気81を混合する。部分酸化用空気81は遮断弁83を開けることによって、混合器76に20 供給する。都市ガス4と部分酸化用空気81はエジェクタ53に供給され、さらに改質用水蒸気31と混合された後に、改質装置8の改質部48に供給される。部分酸化用空気81の供給量は、予め設定された流量制御弁52の開度（すなわち、都市ガス供給量）と流量制御弁82の開度（すなわち、部分酸化用空気供給量）の関係に基づいて流量制御弁82の開度を調節することによって制御する。なお、燃料電池発電装置の起動時も同様である。

【0032】改質装置8の改質部48では、(7)式に示すメタンの部分酸化反応によりメタンと酸素が反応し、燃料電池の電池反応に必要な水素が生成する。

(メタンの部分酸化反応)



(7)式に示したメタンの部分酸化反応は、(1)式に示したメタンの水蒸気改質反応とは異なり発熱反応であるので、外部から熱を与えるための改質装置バーナは不要である。このため、改質装置8の昇温が短時間で完了するため、燃料電池発電装置の起動時間が短縮される。改質装置8の改質部48には、(7)式に示したメタンの部分酸化反応に対して触媒活性を有する触媒（白金系 50

触媒、ルテニウム系触媒等の貴金属系触媒が一般的)を充填する。メタンの部分酸化反応による発熱に伴う改質部48の温度上昇（触媒の劣化原因となる）を抑制するために、改質部48にメタンの部分酸化反応に対して触媒活性を有している触媒の他に、化学反応に対して触媒活性を有していない熱伝導性に優れた熱伝導材（例えばアルミナ）を充填してもよい。また、メタンの部分酸化反応による発熱量（319kJ/mol）は、メタンの水蒸気改質反応による吸熱量（206kJ/mol）に比べて多いので、改質部48にメタンの部分酸化反応に対して触媒活性を有している触媒の他にメタンの水蒸気改質反応に対して触媒活性を有している触媒を充填し、改質部48で(7)式に示したメタンの部分酸化反応と(1)式に示したメタンの水蒸気改質反応により燃料電池の電池反応に必要な水素を生成させてもよい。その際、メタンの水蒸気改質反応に必要な反応熱は、メタンの部分酸化反応による発熱により供給するので、改質装置8の改質部48に外部から熱を供給するための改質装置バーナはやはり不要である。改質装置バーナが不要であるので、燃料極排ガス13は、ボイラーバーナ10に供給され、酸化剤極排ガス37と燃焼させることによって、ボイラー6で改質用水蒸気31と排熱回収用水蒸気71を発生させる。なお、酸化剤極排ガス37の代わりに、空気ブローを用いて空気をボイラーバーナ10に供給してもよい。

【0033】液面センサ51でボイラー6の水位が予め設定された所定の水位よりも低下したことを検出した場合には、液面センサ51でボイラー6の水位が予め設定された所定の水位になったことを検出するまで、遮断弁60を開け補給水ポンプ43を動作させてボイラー6に補給水44を供給する。ボイラーバーナ排ガス5は、凝縮器1で凝縮水56を除去した後に排ガス2として大気中に放出される。凝縮水56はポンプ84によりボイラー6に戻される。燃料電池発電装置の起動時には、遮断弁62と遮断弁93を開け、都市ガス4とボイラー起動用ボイラーバーナ空気94をボイラーバーナ10に供給し、ボイラー6で改質用水蒸気31を発生させる。

【0034】前述したように、改質装置8の改質部48では、発熱反応である(7)式に示したメタンの部分酸化反応が起こるので、温度上昇による改質触媒の劣化を防ぐために、ボイラー6から改質装置8の冷却部85に改質装置冷却水86を供給し、改質装置8の冷却を行う。改質装置8の冷却部85を出た改質装置冷却水86は水と水蒸気の混合物の形でボイラー6に戻され、水蒸気は改質用水蒸気31と排熱回収用水蒸気71として使われる。改質装置冷却水86の供給量は、温度センサ87で改質装置冷却水86の冷却部85の出口温度を検出し、予め設定された冷却部85の出口温度と流量制御弁88の開度（すなわち、改質装置冷却水供給量）の関係に基づいて、流量制御弁88の開度を調節することによ



って制御する。

【0035】本実施形態例では、①改質装置の反応として発熱反応であるメタンの部分酸化反応を利用しているので、改質装置の昇温が短時間で完了し、燃料電池発電装置の起動時間が短縮される。②改質装置の冷却過程で発生する水蒸気を排熱回収用水蒸気として利用することにより排熱回収用水蒸気量が増加するので、熱利用を含めた燃料電池発電装置の総合効率が向上するなどの効果が得られる。

【0036】図2に本発明の第2の実施形態例を表す構成説明図を示す。図中、図4と同一のものは同一符号で表し、これらのものについてはその説明を省略する。図2を用いて本発明の第2の実施形態例を説明する。本実施形態例は、図4に示した従来例とは、改質装置8の改質部48に都市ガス4の主成分であるメタンの部分酸化反応に対して触媒活性を有する触媒を単独に、あるいはメタンの水蒸気改質反応に触媒活性を有する触媒と触媒活性を有しない熱伝導材のうちいずれか一つまたは両方と一緒に充填することによって、改質装置8の改質装置バーナ9、燃料極排ガス13の改質装置バーナ9への供給配管、及び燃焼用空気12の改質装置バーナ9への供給配管、改質装置バーナ燃焼排ガス14の凝縮器38への供給配管、凝縮器38、酸化剤極排ガス37の凝縮器38への供給配管、凝縮水40の気水分離器27への供給配管、起動用バーナ59、都市ガス4の起動用バーナ59への供給配管、都市ガス4の起動用バーナ59への供給配管上の遮断弁57、改質装置起動用バーナ空気89の起動用バーナ59への供給配管、及び改質装置起動用バーナ空気89の起動用バーナ59への供給配管上の遮断弁78が不要になった点、ボイラー6、ボイラーバーナ10、蒸発器29、凝縮器1、温度センサ51、改質装置8の冷却部85、都市ガス4と部分酸化用空気81を混合する混合器76、気水分離器27から改質装置8の冷却部85への改質装置冷却水86の循環供給配管、気水分離器27から改質装置8の冷却部85への改質装置冷却水86の循環供給配管上の温度センサ87と流量制御弁88、都市ガス4のボイラーバーナ10への供給配管、都市ガス4のボイラーバーナ10への供給配管上の遮断弁62、排熱回収用水蒸気71のボイラー6から蒸発器29への循環供給配管、ボイラーバーナ排ガス5のボイラーバーナ10から凝縮器1への供給配管、凝縮水56の凝縮器1からボイラー6への還流配管、凝縮水56の凝縮器1からボイラー6への還流配管上のポンプ84、補給水44の補給水ポンプ43からボイラー6への供給配管、補給水44の補給水ポンプ43からボイラー6への供給配管上の遮断弁60、補給水44の補給水ポンプ43から気水分離器27への供給配管上の遮断弁92、凝縮水56の凝縮器1から気水分離器27への供給配管、及び凝縮水56の凝縮器1から気水分離器27への供給配管上のポンプ91、部分酸化用空気81

の混合器76への供給配管、部分酸化用空気81の混合器76への供給配管上の遮断弁83と流量制御弁82、及び酸化剤極排ガス37のボイラーバーナ10への供給配管を新たに設けた点が異なる。

【0037】次に本実施形態例の作用について説明する。混合器76で脱硫装置7で硫黄分を除去した都市ガス4と部分酸化用空気81を混合する。部分酸化用空気81は遮断弁83を開けることによって、混合器76に供給する。都市ガス4と部分酸化用空気81はエジェクタ53に供給され、さらに改質用水蒸気31と混合された後に、改質装置8の改質部48に供給される。部分酸化用空気81の供給量は、予め設定された流量制御弁52の開度（すなわち、都市ガス供給量）と流量制御弁82の開度（すなわち、部分酸化用空気供給量）の関係に基づいて流量制御弁82の開度を調節することによって制御する。なお、燃料電池発電装置の起動時も同様である。改質装置8の改質部48では、(7)式に示したメタンの部分酸化反応によりメタンと酸素が反応し、燃料電池の電池反応に必要な水素が生成する。(7)式に示したメタンの部分酸化反応は、(1)式に示したメタンの水蒸気改質反応とは異なり発熱反応であるので、外部から熱を与えるための改質装置バーナは不要である。このため、改質装置8の昇温が短時間で完了するため、燃料電池発電装置の起動時間が短縮される。改質装置8の改質部48には、(7)式に示したメタンの部分酸化反応に対して触媒活性を有する触媒（白金系触媒、ルテニウム系触媒等の貴金属系触媒が一般的）を充填する。メタンの部分酸化反応による発熱に伴う改質部48の温度上昇（触媒の劣化原因となる）を抑制するために、改質部48にメタンの部分酸化反応に対して触媒活性を有している触媒の他に、化学反応に対して触媒活性を有していない熱伝導性に優れた熱伝導材（例えばアルミナ）を充填してもよい。また、メタンの部分酸化反応による発熱量（ $319 \text{ kJ/mol}$ ）は、メタンの水蒸気改質反応による吸熱量（ $206 \text{ kJ/mol}$ ）に比べて多いので、改質部48にメタンの部分酸化反応に対して触媒活性を有している触媒の他にメタンの水蒸気改質反応に対して触媒活性を有している触媒を充填し、改質部48で(7)式に示したメタンの部分酸化反応と(1)式に示したメタンの水蒸気改質反応により燃料電池の電池反応に必要な水素を生成させてもよい。その際、メタンの水蒸気改質反応に必要な反応熱は、メタンの部分酸化反応による発熱により供給するので、改質装置8の改質部48に外部から熱を供給するための改質装置バーナはやはり不要である。改質装置バーナが不要であるので、燃料極排ガス13は、ボイラーバーナ10に供給され、ボイラーバーナ10に供給された酸化剤極排ガス37と燃焼させることによって、ボイラー6で排熱回収用水蒸気71を発生させる。なお、酸化剤極排ガス37の代わり、空気ブローを用いて空気をボイラーバーナ10に供



給してもよい。排熱回収用水蒸気71は、蒸発器29に供給され、排熱利用システム35の冷媒36の気化に利用される。排熱回収用水蒸気71は、蒸発器29で凝縮水72となり、ボイラー6に戻される。

【0038】前述したように、改質装置8の改質部48では、発熱反応である(7)式に示したメタンの部分酸化反応が起こるので、温度上昇による改質触媒の劣化を防ぐために、気水分離器27から改質装置8の冷却部85に改質装置冷却水86を供給し、改質装置8の冷却を行う。改質装置8の冷却部85を出た改質装置冷却水86は水と水蒸気の混合物の形で気水分離器27に戻され、改質用水蒸気31あるいは排熱回収用水蒸気34として使われる。改質装置冷却水86の供給量は、温度センサ87で改質装置冷却水86の冷却部85の出口温度を検出し、予め設定された冷却部85の出口温度と流量制御弁88の開度(すなわち、改質装置冷却水供給量)の関係に基づいて、流量制御弁88の開度を調節することによって制御する。なお、本実施形態例では、改質装置冷却水86を改質装置8の冷却部85に気水分離器27から供給しているが、気水分離器27の代わりにボイラー6から改質装置8の冷却部85に改質装置冷却水86を供給してもよい。その場合、ボイラー6に戻された水蒸気は、排熱回収用水蒸気71として利用することができる。液面センサ55で気水分離器27の水位が予め設定された所定の水位よりも低下したことを検出した場合には、液面センサ55で気水分離器27の水位が予め設定された所定の水位になったことを検出するまで、遮断弁92を開け補給水ポンプ43を動作させて、気水分離器27に補給水44を供給する。

【0039】本実施形態例でも、第1の実施形態例と同様に、①改質装置の反応として発熱反応であるメタンの部分酸化反応を利用しているので、改質装置の昇温が短時間で完了し、燃料電池発電装置の起動時間が短縮される、②改質装置の冷却過程で発生する水蒸気を排熱回収用水蒸気として利用することにより排熱回収用水蒸気量が増加するので、熱利用を含めた燃料電池発電装置の総合効率が向上するなどの効果が得られる。

【0040】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、発熱反応である燃料の部分酸化反応を利用して改質装置の昇温と水素生成を行うので、改質装置バーナで燃料極排ガスを燃焼させることによって得られる燃焼ガスを利用した改質装置への熱供給の必要がなくなり、また、改質装置の冷却過程で排熱回収用水蒸気を発生させることが可能であるから、短時間起動ができる、排熱回収量の増加が期待でき熱利用を含めた総合効率が向上するという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態例を示す構成説明図である。

【図2】本発明の第2の実施形態例を示す構成説明図である。

【図3】従来の燃料電池発電装置の一例を示す構成説明図である。

【図4】従来の燃料電池発電装置の他の例を示す構成説明図である。

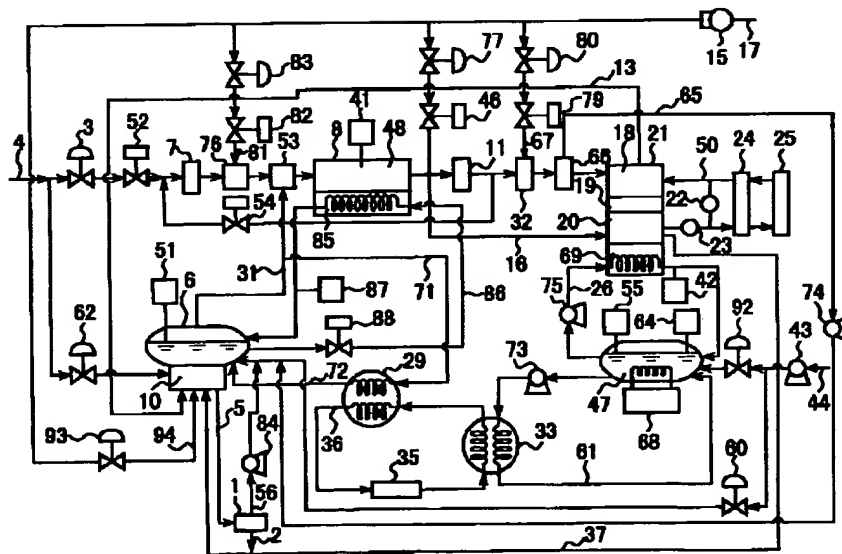
【符号の説明】

- 1 凝縮器
- 2 排ガス
- 3 遮断弁
- 4 都市ガス
- 5 ボイラーバーナ排ガス
- 6 ボイラー
- 7 脱硫装置
- 8 改質装置
- 9 改質装置バーナ
- 10 ボイラーバーナ
- 11 シフトコンバータ
- 12 燃焼用空気
- 13 燃料極排ガス
- 14 改質装置バーナ燃焼排ガス
- 15 空気プロア
- 16 発電用空気
- 17 外気
- 18 燃料極
- 19 電解質
- 20 酸化剤極
- 21 燃料電池セルスタック
- 22 電圧センサ
- 23 電流センサ
- 24 変換装置
- 25 負荷
- 26 電池冷却水
- 27 気水分離器
- 28 気水分離器ヒータ
- 29 蒸発器
- 30 流量制御弁
- 31 改質用水蒸気
- 32 選択酸化器
- 33 蒸発器
- 34 排熱回収用水蒸気
- 35 排熱利用システム
- 36 冷媒
- 37 酸化剤極排ガス
- 38 凝縮器
- 39 排ガス
- 40 凝縮水
- 41 温度センサ
- 42 温度センサ
- 43 補給水ポンプ

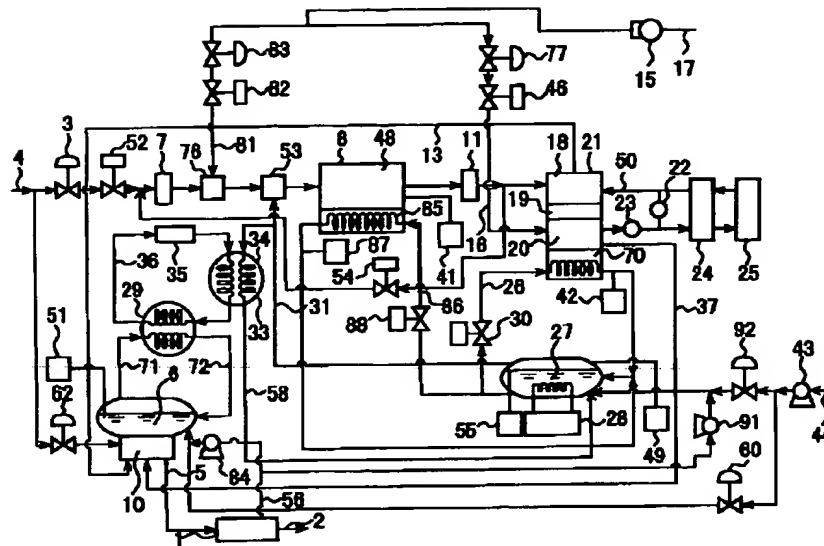
- 44 補給水
- 45 流量制御弁
- 46 流量制御弁
- 47 電池冷却水タンク
- 48 改質部
- 49 圧力センサ
- 50 燃料電池出力
- 51 液面センサ
- 52 流量制御弁
- 53 エジェクタ
- 54 流量制御弁
- 55 液面センサ
- 56 凝縮水
- 57 遮断弁
- 58 凝縮水
- 59 起動用バーナ
- 60 遮断弁
- 61 排熱回収用温水
- 62 遮断弁
- 63 流量制御弁
- 64 温度センサ
- 65 凝縮水
- 66 凝縮器
- 67 一酸化炭素選択酸化用空気
- 68 電池冷却水タンクヒータ
- 69 加湿冷却器

- 70 冷却器
- 71 排熱回収用水蒸気
- 72 凝縮水
- 73 排熱回収用温水循環ポンプ
- 74 ポンプ
- 75 電池冷却水循環ポンプ
- 76 混合器
- 77 遮断弁
- 78 遮断弁
- 10 79 流量制御弁
- 80 遮断弁
- 81 部分酸化用空気
- 82 流量制御弁
- 83 遮断弁
- 84 ポンプ
- 85 冷却部
- 86 改質装置冷却水
- 87 温度センサ
- 88 流量制御弁
- 20 89 改質装置起動用バーナ空気
- 90 遮断弁
- 91 ポンプ
- 92 遮断弁
- 93 遮断弁
- 94 ボイラー起動用ボイラーバーナ空気

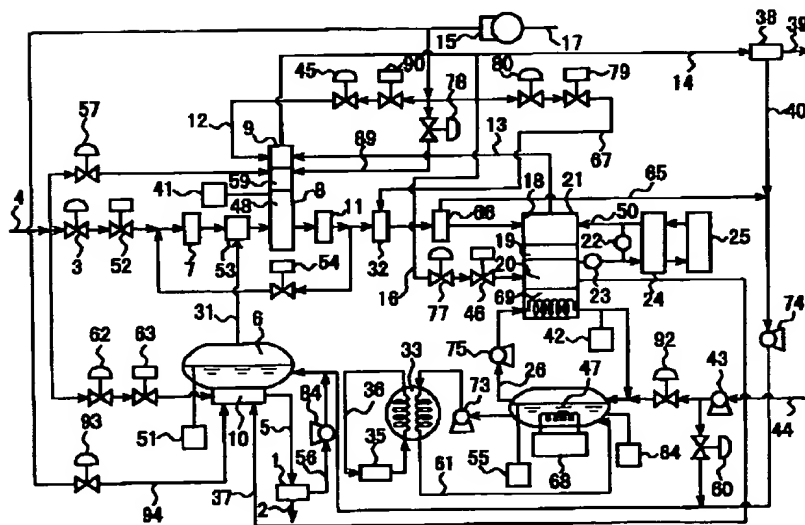
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

